

29. 掘削土を再利用した地中連続壁の施工

鹿島建設㈱：*小滝 裕，鐘ヶ江敏樹
森口 敏美

1. はじめに

近年、建設業においては、建設副産物である掘削残土の発生を抑制する工法が環境保全、残土処理場不足の両面から要求されている。建設発生土のうちでも、特に泥水掘削に伴う不良土は産業廃棄物のうち「無機質の汚泥」として取り扱われ、都市部ではこの処分地が少なく問題となっている。

また、地下工事の大深度化に伴い山留壁（遮水壁）も40mを超える深度の施工が増加しており、従来の原位置攪拌工法（柱列式連続壁等）で施工した場合、一部壁の不連続による止水不良等の問題が顕在化してきている。

本報で紹介する「掘削土再利用地中連続壁工法」は、これらの問題を解決できる工法として、近年施工実績が急速に増加している工法である。

今回は、当工法の実績の中で最大深度（56m）の山留壁の施工が完了したので、当工法の特長、施工管理の要点、今後の課題等について報告する。

2. 掘削土再利用地中連続壁工法の概要

(1) 工法概要

本工法は、施工精度及び品質に実績のあるRC地中連続壁の掘削手法を用い、掘削残土を主材料とした泥土モルタル壁を構築する工法であり、以下の特長がある。

- ・掘削残土の50～60%程度を再利用できることにより、産業廃棄物の量を大幅に削減でき、経済的で地球環境にやさしい。
- ・RC連続壁の掘削手法を用いるため、高い掘削精度が確保でき、また大深度に対応可能である。
- ・地上の製造プラントで製造した泥土モルタルをトレミー工法で打ち込む置換工法であるため、均一で高品質の連続壁の施工が可能である。
- ・等厚壁の壁体に、発生応力に対応する芯材間隔を任意に設定でき、合理的で経済的な断面設計ができる。
- ・RC連壁に比べて安価である。

(2) 泥土モルタル製造プラントの概要

当工法の根幹をなす泥土モルタルを製造する機械の概要を示す。

(a) プラント主要緒元

形式：DMP-2000

全長：13,590 mm
 全幅：7,740 mm
 全高：6,598 mm
 原土搬送方法：ベルトコンベア方式
 強制2軸ミキサー容量：2.0 m³
 所要電力：158.9 KW
 総重量：30 t
 製造能力：30.0～40.0 m³/h

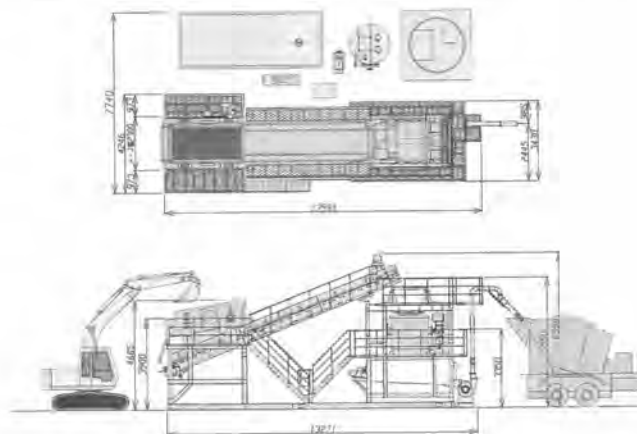
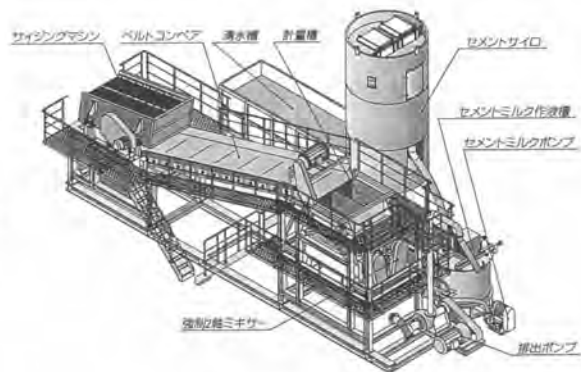


図-1 泥土モルタル製造プラント

(b)プラントの特長

- 当工法で使用するプラントは、従来の流動化処理土製造装置等と比較し以下の特長がある。
- ・配管閉塞等の原因となる掘削土に含まれる40 mm程度以上の礫、粘土を除去できる特殊篩の設置
 - ・強制2軸ミキサー攪拌中に“だま”状になる粘性土を、スラリーポンプによる泥土モルタル圧送時にインペラーによって剪断攪拌することができる。
 - ・運転操作盤にタッチパネル方式を用いた情報管理システムを採用し、異常を直ちに知らせるとともに対処方法が表示され、早期の復旧が可能な装置となっている。

(3)工事数量

表-1

項目	単位	数量	
壁厚	mm	850	800
壁深度	m	56.1	56.1～54.9
壁延長	m	9	218
壁面積	m ²	505	12,122
掘削土量	m ³	429	9,698
泥土モルタル量	m ³	429	9,698
エレメント数	E	3	75

3. 工法採用に至る経緯

工法採用に至るまでに他工法との比較検討を実施したので、その経過を記述する。当工事付近の大深度山留壁実績では、近接構造物があり、高剛性が要求される部分については、RC連続壁もしくは鋼管柱列式連続壁が採用されている。また、一般部では柱列式連続壁が用いられている。RC連続壁、鋼管柱列式連続壁は遮水性能の信頼性は高いが、コスト的には高価である。一方、柱列式連続壁はコスト、工期の面では優位性があるものの、遮水性能の面では両工法と比較すると劣る。また、柱列式連続壁は挿入する芯材の間隔、大きさが施工機により制限されるため剛性的に制約がある。

当工事では、前述した従来3工法に掘削土再利用連壁を加えて比較検討を行った。検討結果を表-2に示す。この結果、要求される剛性、遮水性能、工期、コスト等総合的に判断し、掘削土再利用連壁工を採用することに決定した。

表-2 工法比較表

工法	剛性	遮水性能	工期	コスト
RC連続壁	◎	◎	△	△
鋼管柱列式連続壁	◎	○	△	△
柱列式連続壁	○	△	◎	◎
掘削土再利用連壁	○	◎	○	○

4. 施工前検討事項

工法決定から実際の施工を開始するまでに計画・決定しなければならないことについて列挙する。

(1) 泥土モルタルの配合決定

配合設計は、掘削土をモルタル材料とする本工法の最も重要なファクターである。事前に原位置付近で土の採取を行い、配合試験を繰り返し実施して、以下の要求品質を満足する基本配合を決定した。

① 固まる前の品質

- ・流動性に優れていること。⇒ 道路公団規定フロー値 250~300 mm
- ・芯材建込み終了まで硬化遅延があること。⇒ 混練後5時間後のフロー値 120 mm以上
- ・材料分離抵抗性に優れていること。⇒ プリージング率3%以内

② 硬化後の品質

- ・設計上必要な一軸圧縮強度を満たすこと。⇒ $q_u = 0.5 \text{ N/mm}^2$ 以上
- ・高い遮水性能⇒ 透水係数 $1 \times 10^{-6} \text{ cm/sec}$ 程度

(2) 壁厚及びエレメント割付の決定

- ① 壁厚は応力材であるH鋼仕様及び建込み精度を考慮して決定する。
- ② エレメントの長さは泥土モルタル打設から芯材の建込みを1日の作業内に完了できる大きさとし、1ガットとした。

また、先行エレメントと後行エレメントの接合は、カッティング方式により一体化を図る。今回のカッティング代は、掘削精度、芯材の割付等を考慮して、162.5 mmとした。

(3) 芯材建込み順序

泥土モルタル打設と芯材建込みのどちらを先に行うか検討したが、芯材を先に建込んだ場合のモルタルの充填性に問題が残ると判断し、モルタル打設後に芯材を建込んだ。

5. 施工手順

実施工における、掘削・安定液循環・泥土モルタル製造・打設・芯材建込みの施工フローを示す。

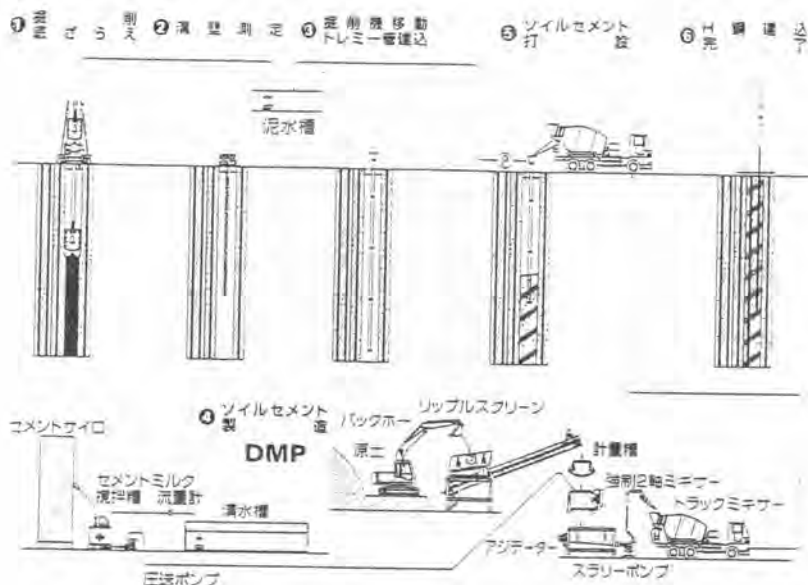


図-2 施工フロー

6. 施工管理の要点

(a)掘削、安定液管理

掘削は、通常のRC連壁工事の管理と同様である。掘削機の位置計測、掘削後の溝壁超音波測定を実施し、掘削の鉛直誤差+5cm以内を確保した。安定液については基本的にはRC連壁と同様の管理を行うが、安定液の比重は、モルタルとの置換性を考慮して、通常より若干低く設定管理した。(1.05程度)

(b)泥土モルタルの配合

前述した室内試験での基本配合を基に、実施工では以下のように管理した。

①打設前

- ・使用する掘削残土の含水率、沈降比重(粘性土分の含有率を簡易測定する)を測定する。
- ・測定結果と基本ノモグラムを基に試験練りを行いフロー値(200~300mm)、比重(1.6±0.2)が管理値内であることを確認する。

②打設中

- ・5バッチに1回程度、製造モルタルを採取しフロー値、練り上り温度、比重を測定し、管理値内におさまるよう随時配合修正を行う。

実施工における配合例を表-3に示す。

表-3 実施配合例

遅延剤 (kg/m ³)	配合 (kg/m ³)			W/(C+N)	フロー値 (mm)
	土(N)	セメント(C)	水(W)		
6	750	200	650	68%	280

◎芯材の建込み

芯材（H鋼）を所定の位置に垂直に建込むために、ガイドウォール上に位置固定用の架台を設置し、2方向からトランシットにより鉛直精度を確認しながら建込んだ。

7. 施工実績

(a) 泥土モルタルの強度

W/(C+N)と28日強度の関係を図-3に示す。全て所定の強度を満足する値となっているとともに、W/(C+N)が小さい程強度が高いことがわかる。

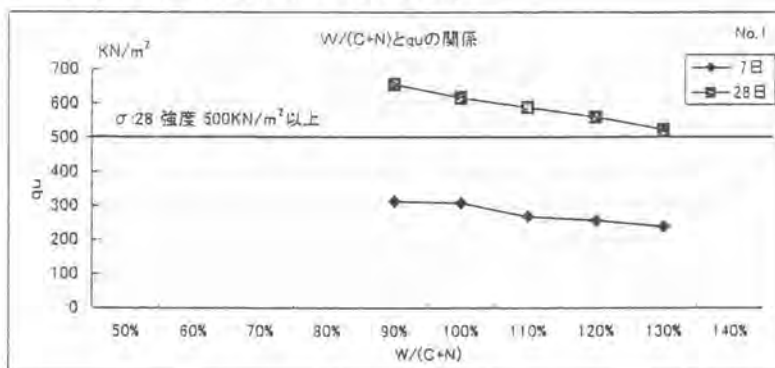


図-3 28日強度とW/(C+N)

(b) 掘削残土の再利用

総掘削土量9,000 m³の60%に当たる5,400 m³の再利用を図ることができた。これは、配合による理論値と同様であり、当初見込みどおりの再利用が達成された。但し、安定液は3,500 m³が廃棄（余剰泥水）となっており、通常のRC連壁の見込み量とほぼ同様である。今後は、余剰泥水の再利用化を図ることが課題である。

◎遮水性能

遮水性能は、連続壁施工完了後に予定している揚水試験および今後の内部掘削工事で確認予定であるが、練上がり時に採取した供試体を用いた透水試験結果は、平均2×10⁻⁶ cm/secであり、良好な結果が得られるものと確信する。

8. あとがき

掘削土再利用地中連続壁工法は、建設副産物の減量化という社会のニーズにマッチした工法であり、今後需要が増加すると思われる。とくに、深度40 m～60 m付近の山留工事においては、柱列式連続壁等の原位置攪拌工法より信頼性が高く、RC連壁より低コストであることから、より普及するものと期待する。

写真-1 連続壁掘削機

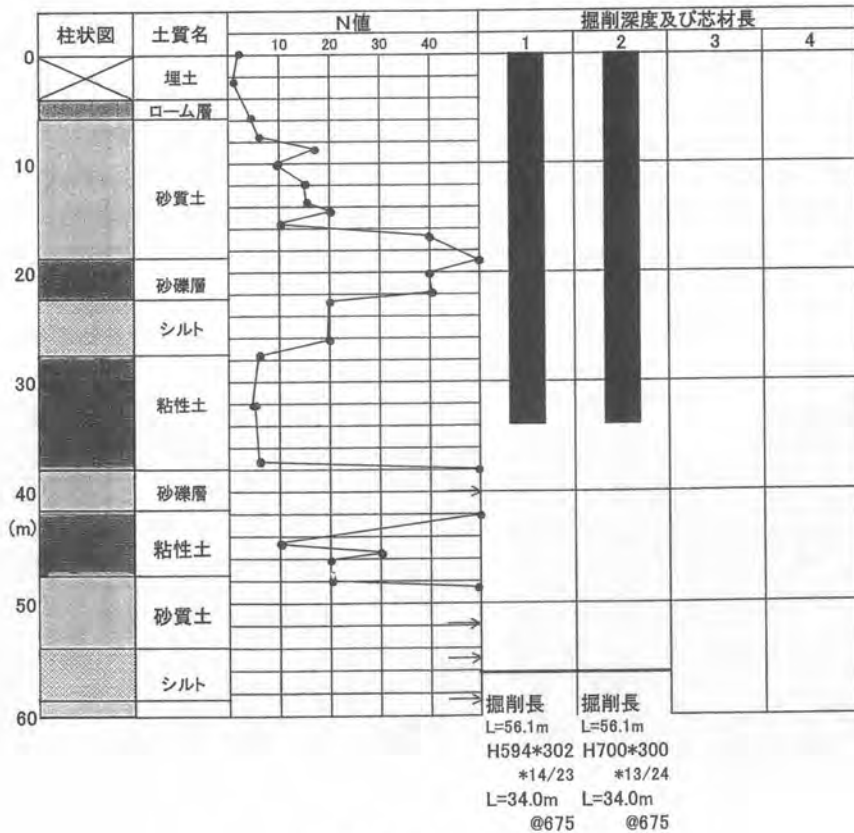
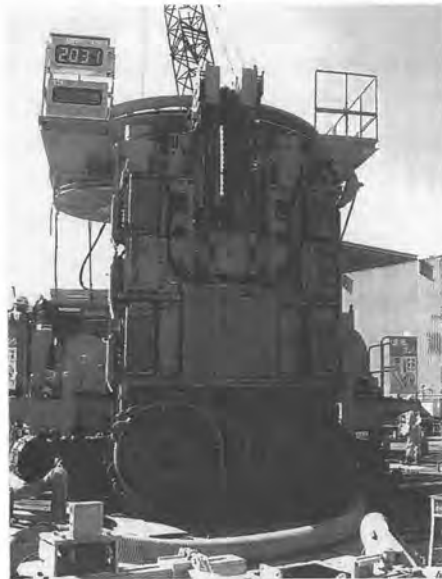


図-4 土質柱状図